

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-033706

(43)Date of publication of application : 13.02.1988

(51)Int.Cl.

G02B 6/10

G03B 37/12

G02B 6/00

(21)Application number : 61-177365

(71)Applicant : KAWAKAMI SHOJIRO

(22)Date of filing : 28.07.1986

(72)Inventor : KAWAKAMI SHOJIRO

SHIRAISHI KAZUO

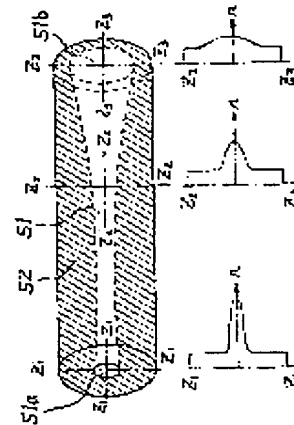
SHIGIHARA KIMIO

(54) FIBER TYPE OPTICAL WAVE CIRCUIT ELEMENT AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PURPOSE: To suppress the radiation loss by continuously changing the refractive index distribution in the axial direction while keeping the normalized frequency of a fibrous element, which consists of a core layer and a cladding layer, approximately constant.

CONSTITUTION: A fiber type optical wave circuit element consists of a core layer 51 and a cladding layer 52, and the cross section of the core layer 51 in both ends 51a and 51b has about circular symmetrical shape, and the normalized frequency is kept approximately constant between both ends 51a and 51b and the refractive index distribution is so set that the electromagnetic field distribution is continuously spread in the axial direction. Consequently, the incident optical wave from one end 51a keeps the peculiar mode while suppressing the radiation loss during propagation and reaches the other end 51b. If the cross section shape of the core layer 51 in both ends 51a and 51b is set in accordance with the electromagnetic field distribution of the optical wave circuit element connected to both ends 51a and 51b, the radiation loss accompanied with mismatching of the electromagnetic field distribution due to connection is suppressed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-33706

⑪ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和63年(1988)2月13日

G 02 B 6/10
C 03 B 37/12
G 02 B 6/00

3 5 6

C-7370-2H
A-8216-4G
Z-7370-2H

審査請求 有 発明の数 4 (全10頁)

⑭ 発明の名称 ファイバ型光波回路素子及びその製造方法

⑮ 特 願 昭61-177365

⑯ 出 願 昭61(1986)7月28日

特許法第30条第1項適用 昭和61年3月5日 社団法人電子通信学会発行の「昭和61年度電子通信学会総合全国大会講演論文集(4)」に文書をもつて発表

⑰ 発 明 者 川 上 彰 二 郎 宮城県仙台市土樋236

⑱ 発 明 者 白 石 和 男 宮城県仙台市片平2丁目1番1号 東北大学電気通信研究所内

⑲ 発 明 者 嶋 原 君 男 宮城県仙台市片平2丁目1番1号 東北大学電気通信研究所内

⑳ 出 願 人 川 上 彰 二 郎 宮城県仙台市土樋236

㉑ 代 理 人 弁理士 永井 利和 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

ファイバ型光波回路素子及びその製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) コア層とクラディング層とからなるファイバ状素子であり、正規化周波数をほぼ一定に保ちつつ屈折率分布が軸方向に連続的に変化していることを特徴とするファイバ型光波回路素子。

(2) 両端の屈折率分布が略円対称である特許請求の範囲第(1)項記載のファイバ型光波回路素子。

(3) コア層とクラディング層とからなるファイバ状素子であり、その一端若しくは他端またはその間の任意の横断面における少なくとも一面での屈折率分布が非円対称であるとともに、屈折率分布が軸方向に連続的に変化していることを特徴とするファイバ型光波回路素子。

(4) 一端の屈折率分布が非円対称で他端の屈折率分布が略円対称であり、両端間で屈折率分布が

軸方向に連続的に変化したものである特許請求の範囲第(3)項記載のファイバ型光波回路素子。

(5) 両端の屈折率分布が非円対称であり、両端間で屈折率分布が軸方向に連続的に変化したものである特許請求の範囲第(3)項記載のファイバ型光波回路素子。

(6) 任意の横断面における屈折率分布が非円対称で、両端の屈折率分布が略円対称であり、両端とその横断面の間で屈折率分布が軸方向に連続的に変化したものである特許請求の範囲第(3)項記載のファイバ型光波回路素子。

(7) コア層とクラディング層とからなり、コア層の一端の横断面形状を略形状とし、他端の横断面形状を略円形状とした特許請求の範囲第(3)項記載のファイバ型光波回路素子。

(8) コア層とクラディング層とからなり、伝搬する光波の電磁界分布が或る横断面で充分に広がるように屈折率分布を軸方向に連続的に変化せしめるとともに、その横断面部分にギャップ

を形成し、そのギャップに導波作用の無い他の素子を介装しても光波の回折による損失を低く抑制できることを特徴としたファイバ型光波回路素子。

(9) コア用プリフォームを中央に、クラディング用プリフォームを周囲に配設したファイバプリフォームを加熱して線引きし、線引きしたファイバに対して軸方向に沿って分布加熱を施すことにより、コア材または／及びクラディング材中のドーパントを拡散させ、ファイバの屈折率分布を軸方向に連続的に変化させることを特徴とするファイバ型光波回路素子の製造方法。

(10) コア材中のドーパントをタリウムイオンとし、クラディング材中のドーパントをタリウムイオン以外のイオンとした特許請求の範囲第(9)項記載のファイバ型光波回路素子の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

かった。

このようなことから、従来から結合素子としてはレンズが用いられてきているが、相互の電磁界分布を一致させるレンズ系を設計・製作することは困難であり、また小型化や安定化を図るという観点からは向いていない。

ところで、この問題について、光集積回路型、即ち平面型の光回路素子については、その導波路の屈折率分布を光の進行方向に徐々に変化させるという手段を適用することにより、レンズ系を用いることなく、放射損失の小さい分岐回路、高効率のレーザ・ファイバ結合器、または単一モード光ファイバ・薄膜光回路結合器等を実現できるものが開発され、またその製造技術についても開発されている(特開昭60-191208)。

この光波回路素子は、光集積回路において光導波路を形成すべき位置にカリウムイオンが拡散されているナトリウムを含むガラス基板と、ガラス基板の上に形成されたガラス被膜と、ガ

本発明はファイバ型光波回路素子及びその製造方法に係り、特に光波の進行方向に沿って一様でない屈折率分布を有したファイバ型の光波回路素子であり、主としてモードの整合器として用いられるものに関する。

[従来の技術]

従来から光波回路素子としては屈折率分布が光波の進行方向に一様な構造を有するものが用いられており、このため、材質や幾何学的構造の異なる複数の素子を接続する場合には電磁界分布の不整合による放射損失を招くという問題が指摘されていた。

例えば、半導体レーザ等の偏平な電磁界分布を有する素子と光ファイバ等の円対称の電磁界分布を有する素子とを接続する場合には結合損失が大きかった。

また、導波作用のない種々の光学素子を逆例の光ファイバ間に挿入する際には、ファイバを伝搬する光波の電磁界分布の拡がり小さいため、ファイバ間での回折による放射損失が大き

ラス基板に拡散されたカリウムイオンを、基板及び被膜の中へ再拡散させることによって光導波路を形成したものである。

そして、この光集積回路型の光回路素子には光集積回路との電磁界分布の整合性が良好で、且つその製造においても集積回路プロセス技術が利用できるという利点があるが、屈折率差の大きな導波路を得ることが困難であり、光集積型回路であることから必然的に可撓性に欠けるという欠点がある。

[発明が解決しようとする問題点]

ところで、前記の光集積回路型の光回路素子は、複数の集積回路型素子を接続する場合における電磁界分布の不整合に伴う放射損失の問題を一応解決するものであるが、その入出力部における光ファイバとの機械的及び幾何学的な整合性は必ずしも良くない。

本発明は、光集積回路型の素子だけでなく、種々の光回路素子を接続する場合における電磁界分布の不整合に伴う放射損失を低く抑制す

ることができるファイバ型光波回路素子を提供することを目的として創作された。

[問題点を解決するための手段]

本願の発明は次のファイバ型光波回路素子に係る三発明とその製造方法に係る発明の四発明からなる。

第一の発明は、コア層とクラディング層とからなるファイバ状素子であり、正規化周波数をほぼ一定に保ちつつ屈折率分布が軸方向に連続的に変化していることを特徴とするファイバ型光波回路素子に係る。

第二の発明は、コア層とクラディング層とからなるファイバ状素子であり、その一端若しくは他端またはその間の任意の横断面における少なくとも一の面での屈折率分布が非円対称であるとともに、屈折率分布が軸方向に連続的に変化していることを特徴とするファイバ型光波回路素子に係る。

第三の発明は、コア層とクラディング層とからなり、伝搬する光波の電磁界分布が或る横

3 とからなるファイバ状の素子として構成されている。

そして、各横断面における屈折率分布は一例として第2 a 図から第2 c 図に示すようにその軸方向に連続的に変化しており、その間で正規化周波数 (V) はほぼ一定に保たれている。

従って、この素子1の一端1 a 側の屈折率分布に対応する固有モードを有する光波を一端1 a から入射させると、素子の中を伝搬するに従い屈折率分布に対応した電磁界分布に変化しながらその固有モードを保持して他端1 b に到達し、且つ軸方向への屈折率分布が滑らかに変化していることから、素子中を伝搬する光波の放射モードへの結合を抑制することができ、一端1 a から他端1 b への電磁界分布の変形を低損失で行なうことが可能となる。

尚、「屈折率分布が連続的に変化している」とは第1図に示したようなテーパ状の変化に限定されず、要は滑らかな変化が構成されていればよい(以下、同様に解釈する。)

断面で充分に拡がるように屈折率分布を軸方向に連続的に変化せしめるとともに、その横断面部分にギャップを形成し、そのギャップに導波作用の無い他の素子を介装しても光波の回折による損失を低く抑制できることを特徴としたファイバ型光波回路素子に係る。

第四の発明は、コア用プリフォームを中央に、クラディング用プリフォームを周囲に配設したファイバプリフォームを加熱して線引きし、線引きしたファイバに対して軸方向に沿って分布加熱を施すことにより、コア材または/及びクラディング材の中のドーパントを拡散させ、ファイバの屈折率分布を軸方向に連続的に変化させることを特徴とするファイバ型光波回路素子の製造方法に係る。

[作用]

第一の発明のファイバ型光波回路素子の基本的概念は第1図に示される。

図において、1はこの発明のファイバ型光波回路素子であり、コア層2とクラディング層

第二の発明のファイバ型光波回路素子の基本的概念は第3図に示される。

図において、4はこの発明のファイバ型光波回路素子であり、コア層5とクラディング層6とからなるファイバ状の素子として構成されている。

そして、一例として第3図における $X_m - X_m$ 及び $Y_m - Y_m$ ($m: 1, 2, 3$)で示される面の各屈折率分布をグラフにすると、 $m=1$ の面においては第4 a 図及び第5 a 図に示すようにその屈折率分布が非円対称であり、一方、 $m=3$ の面における屈折率分布は第4 c 図及び第5 c 図に示すように略円対称となっている。そして、 $m=1$ の面と $m=3$ の面との間ではその屈折率分布が連続的に変化しており、第4 b 図及び第5 b 図はこの連続的に変化している途中の一横断面の屈折率分布を示したものである。

尚、前記には屈折率分布についての一例として一端が非円対称、他端が略円対称であるもの

を掲げたが、この発明においては両端が非円対称のもの、両端が略円対称であるが任意の横断面で非円対称であるものをも含む。

この発明の素子は前記の第一の発明と異なり正規化周波数が一定に保たれることは要件とならないが、何れにしても軸方向への屈折率分布が滑らか変化していることから、素子中を伝搬する光波の放射モードへの結合を抑制することができ、一端から他端への電磁界分布の変形を低損失で行ない得ることは同様である。この素子の更なる利点は種々の光回路素子を接続する場合にその入出力部における幾何学的不整合即ち電磁界分布の不整合に伴う放射損失を抑制することができる点にある。例えば、接続される素子が光集積回路型の素子で非円対称の屈折率分布を有しているような場合に、この発明の素子の接続端の屈折率分布をその屈折率分布に整合させておけば、放射損失を非常に低く抑制することが可能となる。

第三の発明のファイバ型光波回路素子の基本

屈折率分布を軸方向に連続的に変化させてあるため、その部分での放射損失を極めて低くすることができることになる。

第四の発明のファイバ型光波回路素子の製造方法の基本的概念は第7図に示される。

同図において、13はファイバプリフォームであり、横断面形状が非円対称であるコア用プリフォーム14を中央に、クラディング用プリフォーム15を周囲に配設した構成を有している。

そして、このファイバプリフォーム13には線引き用加熱16が施されつつ線引きされてファイバ17が形成されるが、本発明においてはその線引きされたファイバに軸方向に沿って更に分布加熱18を施すことに特徴がある。

この分布加熱18は、第8図に示すようにコア材14aまたは/及びクラディング材15aの中に含まれているドーパントをその境界面付近19で拡散させることにより、ファイバ17の各横断面における屈折率分布を軸方向へ連

続的に変化させる役割を果たす。

図において、7及び8はそれぞれコア層9a, 9bとクラディング層10a, 10bからなるファイバ型光波回路素子の一部であり、伝搬する光波の電磁界分布は或る横断面11a, 11bで充分に拡がるように屈折率分布を軸方向に連続的に変化させてある。そしてその横断面11a, 11bの間はギャップ12として構成されている。

従って、伝搬する光のスポットサイズはそのギャップ12で充分に大きくなり、ギャップ12に導波作用の無い他の素子を介装した場合においても光波の回折による損失を低く抑制することができる。

一般の光ファイバの間に導波作用のない光素子を挿入するとファイバを伝搬する光波の電磁界分布の拡がり小さいために、そのファイバ間で回折による大きな放射損失が生じたが、この発明のファイバ型光波回路素子は電磁界分布を横断面11a, 11bで充分に拡がるように

連続的に変化させる役割を果たす。

即ち、分布加熱18において、大きな熱量で加熱した部分についてはドーパントの拡散長が長くなり、小さな熱量で加熱した部分についてはドーパントの拡散長が短くなることから、加熱の分布を適宜制御することによって屈折率分布をファイバ17の軸方向に沿って連続的に変化させることが可能となる。

尚、ここで「分布加熱」とは、ファイバ17の軸方向に温度分布をつけて加熱する場合だけでなく、ファイバ17の所定部を局所的に加熱するような熱処理も含む概念である。

また、コア材14aまたは/及びクラディング材15aの中に含まれているドーパント量は本来的に均一であり、従ってファイバ17における単位長さ当りのドーパント量は一定であることから、分布加熱18を施した後のファイバ17によって構成される光波回路素子は正規化周波数をほぼ一定に保ったまま屈折率分布が軸方向に沿って変化したものとなる。

尚、この発明においては、ファイバブリフォーム13を線引きする必要上、各ブリフォーム14、15はガラスが適しており、また屈折率を変化させるドーパントとしては銀イオン、カリウムイオン等を用いることもできるが、大きな屈折率変化を得るためには、電子分極率の大きな、例えばタリウムイオンを用いることが望ましい。

[実施例]

実施例1 (第一の発明に対応)

第9図は、本願の第一の発明のファイバ型光波回路素子の一実施例を示すものであり、51はコア層であり、52はクラディング層である。ここに、両端51a、51bにおけるコア層51の横断面形状は略円対称形状になっており、両端51a、51bの間においては正規化周波数をほぼ一定に保ちつつ、屈折率分布が軸方向に連続的に変化している。

この変化の状態は第9図における $Z_m - Z_m$ ($m; 1, 2, 3$)で示される横断面で、それ

は、一端61aにおいては第11a図に示すように $Z_1 - Z_1$ 軸について矩形状の分布で、且つ軸に関して非円対称の分布をなしており、他端61bにおいては第11c図に示すような円対称の屈折率分布をなしている。

そして、両端面61a、61bの間においては、コア層61の横断面形状が略方形から略円形に連続的に変化している。第10図における $Z_2 - Z_2$ で示される面の屈折率分布は第11b図に示され、矩形状の分布から円形状の分布へ移行する過渡的な段階を示している。

従って、一端61aに接続される光導波路や光学素子の屈折率分布が略方形形状であり、他端61bのそれが略円形状であるような場合に、放射損失の低いモード整合器として用いることができる。

第二の発明の実施例としては第12図に示すように、コア層71の形状が両端71a、71bで略円形であり、或る横断面72 ($Z_n - Z_n$ で示される)で略方形形状にすることも可能で

それ第9a図、第9b図及び第9c図に示されるように連続的に電磁界分布が広がるように設定されている。

従って、一端51aから入射した光波は、伝搬中の放射損失が抑えられながら、その固有モードを保持して他端51bへ到達する。

また、両端51a、51bに接続される光波回路素子の電磁界分布に対応させて両端51a、51bのコア層51の横断面形状を設定しておけば、接続による電磁界分布の不整合に伴う放射損失を抑制することができるため整合素子としての機能を有する。

実施例2 (第二の発明に対応)

第10図は、本願の第二の発明のファイバ型光波回路素子の一実施例を示すものであり、61はコア層であり、62はクラディング層である。

ここに、コア層61の一端61aの横断面形状は略方形形状であり、他端61bの横断面形状が略円形状になっている。従って、屈折率分布

ある。この素子は整合素子としての機能も有しているが、横断面72で切断することにより、第三の発明におけるファイバ型回路素子の一部(第6図における7、8に相当)として用いることが可能となる。

実施例3 (第三の発明に対応)

第13図は、本願の第三の発明のファイバ型光波回路素子の一実施例を示すものである。

図において、81はファイバ型回路素子であり、コア層82とクラディング層83及び該素子81をコア層82を含む横断面の一部を削除して設けたギャップ84とからなる。そして、端面81aと81b及び端面81cと81dとでは屈折率分布が異なっており、端面81aと81b及び端面81cと81dとの間では屈折率分布が連続的に変化している。

ここに重要なことは、端面81bと81cにおいて伝搬光の固有モードの電磁界分布が充分に広がるように、即ち伝搬光のスポットサイズが充分に大きくなるように屈折率分布が設定さ

例えば光アイソレータ用磁気光学結晶等)をギャップ84の中に介装したときのギャップ84の幅(即ち、介装物質の長さ)と回折損失との関係を種々のスポットサイズを有する波長1.3 μ mの光波に対して求めたものである。

通例の通信用単一モードファイバでは波長1.3 μ mにおいてスポットサイズは約5 μ mであるから、回折損失を0.1dBに抑制するにはギャップ幅を40 μ m以下にしなければならない。

しかし、本実施例の素子81を用いてスポットサイズを例えば15 μ mに拡大すれば、同じ

はBK7ガラスとタリウム入りBK7ガラスとでほぼ同程度の値であることから、ファイバへの線引きに適しているからである。

第16図はファイバプリフォーム91の横断面図(第15a図のA-A矢視断面)であり、次の工程を経て製造される。

先ず、BK7ガラスからなるクラディング材95、96の一方のクラディング材96に溝を設け、これらクラディング材95、96を接合させて、640℃の温度で30分間保持し、互いに融着させて矩形の孔97をもつクラディング用プリフォーム98を作製する。この孔97にタリウム入りBK7ガラス製でその横断面が方形のコア用プリフォーム99を石英製スペーサ100を介して挿入する。

このようにして作製されたファイバプリフォーム91は第15a図に示すように加熱器93によって加熱されて線引きされることになり、第17図に示すように加熱軟化されて、コア層101とクラディング層102が接触す

る型光波回路素子を製造する製造装置の概略を示したものであり、91はファイバプリフォームで、加熱器92で加熱されることにより線引きされファイバ93となるが、ファイバ93には更に加熱器94によって軸方向にその熱量を変化する分布加熱が施される。

本実施例においてはタリウムを含むBK7ガラスをコア用に使用し、タリウムを含まないBK7ガラスをクラディング用に使用した。

これは、ガラスの屈折率はタリウムの含有量によって大幅に変化し、比屈折率差が1.8%及び2.9%近くの大きな値をもつ素子が得られるからであり、熱膨張係数、転移点、屈伏点

る部分では、コア層101中のタリウムとクラディング層102中のカリウムとの間でイオン交換が生じ、タリウムがドーパントとしてクラディング層102中に拡散する。この段階での拡散は線引きしたファイバ93の屈折率分布が鈍る原因になるが、現実的には線引きによりタリウムの拡散長が縮小される効果があり、更に線引き温度を低くしてタリウムの拡散係数を小さくすることによりこの影響を抑制することができる。

次に、線引きしたファイバ93は所定の長さに切断し、その切断したファイバ93を加熱器94によって分布加熱を施す。即ち、この段階でコア層101中のタリウムとクラディング層102中のカリウムとをイオン交換させ、軸方向の各横断面において屈折率分布が異なる所望の素子を得ることになる。

加熱器94はファイバ93の長さ方向に沿っての温度分布を調節することが可能なものであり、前記のイオン交換を制御する役割を果た